

# CSRS-PPP Yazılımının Uzun Dönemli GNSS Zaman Serilerinin Oluşturulmasında ve Nokta Hızlarının Kestirilmesinde Kullanılabilirliği (Usability of Generating Long Term GNSS Time Series Using CSRS-PPP and Site Velocity Estimation)

Cemal Özer YİĞİT<sup>1</sup>, Behlül Numan ÖZDEMİR<sup>2</sup>, Salih ALÇAY<sup>3</sup>, Ayhan CEYLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği

<sup>3</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Harita Mühendisliği  
cyigit@gtu.edu.tr

## ÖZET

Son yıllarda PPP (Precise Point Positioning) yöntemiyle konum belirleme doğruluğunun artması yönteme olan ilginin artmasına ve yöntemin daha yaygın kullanılabilir hale gelmesine neden olmuştur. CSRS-PPP (The Canadian Spatial Reference System-PPP), APPS (Automatic Precise Positioning Service) v.b. gibi Web-Tabanlı PPP yazılımlarla tek nokta GNSS verileri herhangi bir ücret ödemeksizin statik ya da kinematik yöntemlerden biri ile kolaylıkla değerlendirilebilmektedir. Bu yazılımların temel prensibi gözlem verilerinin RINEX (The Receiver Independent Exchange Format) formatında Web ara yüzleri kullanılarak sunuculara gönderilmesi ve sonucu tarafından hesaplama sonuçlarının web den doğrudan ya da e-posta yolu ile gönderilen linkten indirilmesi işlemine dayanır.

Bu çalışmada, CSRS-PPP yazılımının uzun dönemli zaman serilerinin üretilmesinde ve bu zaman serilerinden nokta hızlarının kestirilmesindeki performansı değerlendirilmiştir. Bu amaçla, IGS (International GNSS Service) ağından seçilen 3 noktanın uzun dönemli zaman serileri günlük PPP çözümleri ile elde edilmiştir. CSRS-PPP yazılımı kullanılarak elde edilen zaman serilerinden nokta hızları robust regresyon yöntemi ile kestirilmiş ve JPL (Jet Propulsion Laboratory) zaman serileri kullanılarak kestirilen nokta hızlarıyla karşılaştırılması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** PPP, CSRS-PPP, IGS, JPL, GNSS Zaman Serisi

## ABSTRACT

Recently, the improvement in the accuracy of positioning with PPP (Precise Point Positioning) method has caused an increase in interest and to become more widely used. Using the web-based PPP softwares such as CSRS-PPP (The Canadian Spatial Reference System-PPP), APPS (Automatic Precise Positioning Service), etc., stand-alone GNSS data can be easily processed in both static and kinematic mode without any payment. The basic principle of these software is to send observation data in RINEX (The Receiver Independent Exchange Format) format from web interface and to download results via a link received by e-mail.

In this study, performance of the CSRS-PPP software was evaluated in terms of generating long-

term time series and estimating station velocity. For this purpose, time series of three stations from IGS (International GNSS Service) network is generated by daily PPP solutions. The velocities of these stations based on time series generated from CSRS-PPP were estimated by means of robust regression methods and they were compared with the velocities estimated from JPL (Jet Propulsion Laboratory) time series.

**Keywords:** PPP, CSRS-PPP, IGS, JPL, GNSS Time Series

## 1. GİRİŞ

PPP kavramı 1970'lerde ortaya çıkmış olup matematik temelleri Zumberge v.d. (1997) tarafından verilmiştir (Huber, v.d., 2010). Yöntem, tek bir alıcı ile yüksek doğrulukta nokta konum bilgisine erişmeyi amaçlamaktadır. Sıfır fark yönteminin özel bir durumu olan PPP tekniği ile konum belirlemede anlamlı iyileşmeler sağlanmış, özellikle internet tabanlı değerlendirme olanakları sayesinde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır (Kouba ve Héroux, 2001; Cai, v.d., 2007; Alkan, 2009; Şanlı ve Tekiç, 2010; Martin, v.d., 2011; Ocalan ve Alkan, 2012; Yigit, v.d., 2014). Popülerlik yöntemin kullanım kolaylığı sağlaması, giderek artan konum doğruluğu sunması ve ikinci bir alıcıya, yani herhangi bir sabit noktaya, ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır.

PPP yöntemi; kara (Anquela, v.d., 2013), hava (Gao, v.d., 2005) ve denizde (Geng, v.d., 2010; Alkan, v.d., 2015) seyir halinde bulunan objelerin izlenmesi gibi kinematik uygulamalarda, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesinde (Savage, v.d., 2004), GPS sismolojisinde (Kouba, 2003), yer yakın uydu yörüngelerinin tespitinde (Bock, v.d., 2003), Jeodezik konum belirleme uygulamalarında (Ebner ve Featherstone, 2008; Bahadır ve Üstün, 2014) yapı sağlığının izlenmesinde (Yigit, 2016) v.b. uygulamalarda etkin bir şekilde kullanılmıştır.

PPP yöntemiyle statik veya kinematik modda kestirimi yapılan parametreler, 3 boyutlu konum koordinatları, alıcı saat hatası, lokal troposferik

zenith gecikmeleri ve taşıyıcı faz belirsizlikleridir. En iyi konum doğrulukları, GNSS çift frekanslı alıcı, IGS hassas uydu yörünge ve saat hata ürünleri kullanılarak elde edilmektedir (Kouba ve Héroux, 2001). Diğer etkenlerin yanı sıra, yüksek doğruluk ve tekrar edilebilirlik GNSS verisinin uzunluğuyla doğrudan ilişkilidir. Toplanan GNSS verisinin uzunluğu arttıkça konum doğruluğu ve tekrar edilebilirliği artmaktadır. Yöntemle elde edilen koordinatların doğrulukları ve tekrar edilebilirlikleri cm ile dm arasında değişmektedir. Özellikle günlük (24 saatlik) verilerle yatayda 1 cm ve düşeyde 2 cm altında doğrulukla konum bilgileri elde edilebilmektedir (Yiğit v.d., 2014).

GNSS verilerinin işlenmesi ve koordinat bilgilerinin üretilmesi için günümüzde birçok ticari ve bilimsel yazılım mevcuttur. Ancak bu yazılımların kullanılabilmesi belirli bir uzmanlık seviyesi ve deneyimli personel gerektirmektedir. Bu yüzden günümüzde, kullanıcı dostu ve basit arayüzlü, yüksek doğrulukta nokta konumu belirleyebilen Web-Tabanlı online servisler geliştirilmiştir. PPP tabanlı bu yazılımlara CSRS-PPP (URL-1), JPL-APPS (URL-2) ve MagicGNSS (URL-3) örnek olarak verilebilir.

CSRS-PPP ve APPS gibi web-tabanlı PPP servisleri, bir üyelik sistemiyle çalışırlar. Herhangi bir e-posta adresi ile kayıt olunan ve hesap oluşturulan bu servisler, değerlendirme sonuçlarını bu e-posta adresine gönderirler. CSRS-PPP ve APPS servislerinde Web arayüzünden değerlendirme türü seçilerek gözlem dosyaları sisteme yüklenir. Bu makalenin yazıldığı tarih itibarıyla; JPL-APPS her bir RINEX yükleme aşamasında en fazla 10 MB dosya boyutu ile kullanıcıyı sınırlandırırken, CSRS PPP ve MagicGNSS için böyle bir sınırlama söz konusu değildir. MagicGNSS in ücretli olması ve JPL-APPS nin veri sınırlaması sebebiyle, makalede CSRS-PPP yazılımı kullanılmış ve değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, CSRS-PPP yazılımının uzun dönemli zaman serilerinin otomatik ve hızlı bir şekilde oluşturulması ve nokta hızlarının kestirilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, IGS ağından seçilen 3 noktanın uzun dönemli yer değiştirmeleri CSRS-PPP yazılımı günlük çözümlerine bağlı olarak üretilmiş ve nokta hızları kestirilmiştir. CSRS-PPP ye dayalı olarak kestirilen hızlar JPL zaman serilerine bağlı olarak kestirilen hızlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, GNSS verilerinin CSRS-PPP yazılımı kullanılarak otomatik değerlendirilmesi ve GNSS zaman serilerinin oluşturulması probleminde hızlı çözüm sağlaması için yazarlar

tarafından geliştirilmiş “Quick-PPP” yardımcı yazılımı kısaca tanıtılmıştır.

## 2. CSRS-PPP YAZILIMI

CSRS-PPP servisi 2003 yılında sürüm 1.0 olarak genel kullanıma açılmıştır. Günümüze kadar birçok güncelleme yapılan bu servise en son güncelleme Eylül 2014 de yapılmıştır. Programın web arayüzü Şekil 1 de görülebilir.

Şekil 1. CSRS-PPP Web arayüzü

Yazılım şu anda post-process olarak hem statik hem de kinematik modda tek ya da çift frekanslı sabit ya da hareketli platformda toplanmış GNSS (GPS ve GLONASS) verilerini değerlendirebilmektedir. Yazılım GLONASS verilerini 1650 inci GPS haftasından itibaren değerlendirebilmektedir. Sonuçlar ITRF ya da NAD83 referans çerçevesinde üretilmektedir. CSRS-PPP verileri değerlendirdikten sonra, sonuçları görsel çıktılar ve genişletilmiş analiz raporları ile birlikte kullanıcıya e-posta yoluyla göndermektedir. Sonuçlar içerisinde hem kısa hem de detaylı özet raporları mevcuttur. Özellikle “.sum” uzantılı dosyada girdiler, veri değerlendirilmede kullanılan parametreler ve çıktı sonuçları detaylı bir şekilde özetlenmektedir. Bu “.sum” uzantılı dosyada özetle aşağıdaki bilgiler verilmektedir:

- İlk bölüm, değerlendirme sırasında kullanılan giriş, çıkış ve iç dosya adlarını belirten bir dosya özetidir.

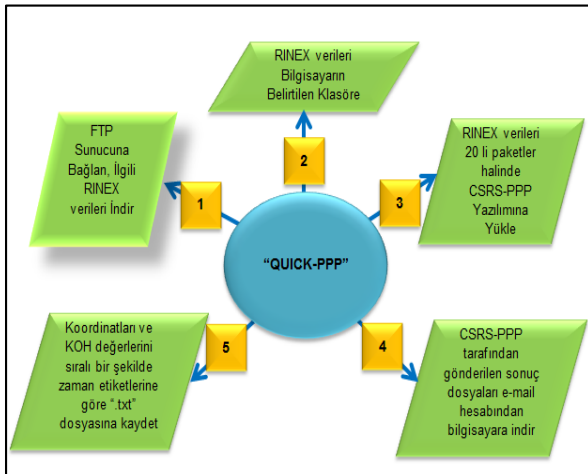
- İkinci bölüm, değerlendirmede kullanılan veriler ve parametreler hakkındaki bilgileri içerir. Bunlar, (a) faz sıçraması , (b) uydu anten faz merkezi kayıklıkları, (c) kullanıcı anteni faz

merkezi kayıklığı, (ç) ITRF ve NAD83 arasında dönüşüm parametreleri, (d) okyanus yüklemesi katsayıları ve (e) meteorolojik veriler bulunur.

• Üçüncü bölümde, (a) değerlendirme seçenekleri (b) oturum bilgileri (c) koordinat tahminleri (ç) koordinat farkları (d) alıcı saat tahminleri ve (e) gözlem kalıntıları raporlanır. CSRS-PPP yazılımına ilişkin daha fazla bilgiye ilgili web sayfasından ulaşılabilir (URL-1).

### 3. QUICK-PPP YAZILIMININ ARAYÜZÜ VE ÖZELLİKLERİ

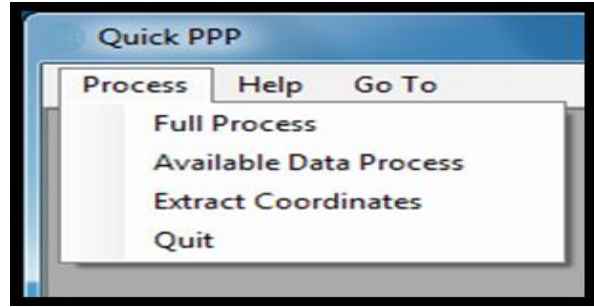
“Quick-PPP” yazılımı, Web tabanlı PPP uygulamaları için, veri işleme adımlarını hızlandırmakta ve otomatik hale dönüştürmektedir. Yazılım .Net Framework 4.5 kullanılarak programlanmıştır. Programın temel çalışma prensibi, belirlenen sunuculardan bir ya da birden fazla noktanın RINEX verilerinin bilgisayara indirilmesi, bu verilerin düzenlenerek CSRS-PPP sunucusuna gönderilmesi, değerlendirme işleminden sonra e-posta yoluyla gelen sonuç dosyalarının ve her bir zaman etiketine ait nokta koordinat ve KOH (Karesel Ortalama Hata) değerlerinin ilgili sonuç dosyasından çekilerek bir “.txt” dosyasına sıralı olarak kaydedilmesidir. Programın genel akış şeması Şekil 2’de verilmektedir.



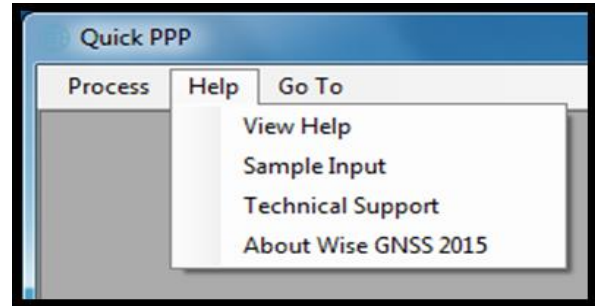
Şekil 2. “Quick-PPP” Program Akış Şeması

Program ilk çalıştırıldığında ana ekran açılır (Şekil 3). Ana ekranda; “Process”, “Help” ve “Go To” olmak üzere üç ana menü seçeneği bulunur. Bu ana menüler alt menülere ayrılmakta ve kullanıcıya farklı olanaklar sunmaktadır. Mevcut sürümünde üç farklı değerlendirme seçeneği bulunmaktadır. Yardım menüsü (Help) içerisinde program hakkında bilgiler, kullanıcı için teknik açıklamalar ve örnek veri ile işlem yapabilme

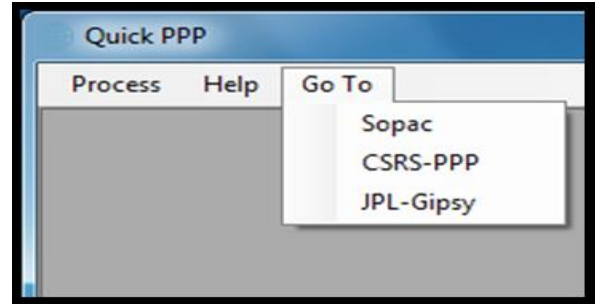
seçenekleri vardır. “Go To” menüsünde programda kullanılan Web tabanlı sistemlere doğrudan ulaşım sunan link’ler mevcuttur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. (a), (b), (c) Ana Ekran Grafik Arayüzü

### 4. “QUICK-PPP” YAZILIMI İLE UZUN DÖNEMLİ ZAMAN SERİLERİNİN OTOMATİK OLUŞTURULMASI

Bu çalışma kapsamında seçilen, 3 IGS noktasına ilişkin bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.

Bu noktaların, 1 Ocak 2004 - 31 Aralık 2013 tarihleri arasındaki (10 yıl) günlük CSRS-PPP çözümleri “Quick-PPP” yardımcı yazılımı aracılığı ile yapılmıştır.

Tablo 1. IGS Nokta yer, alıcı, anten, uydu sistemleri ile ilgili bilgiler

Nokta Adı	Ülke	Enlem (Derece)	Boylam (Derece)	Yükseklik (m)	Alıcı Tipi	Anten Tipi	Uydu Sistemi
ANKR	Türkiye	39.8875	32.7583	974.8	TPS E_GGD	TPSCR3_GGD	GPS+GLO
MAR6	İsveç	60.5950	17.2583	75.4	JAVAD TRE_G3TH DELTA	AOAD/M_T OSOD	GPS+GLO
MAW1	Antartika	-67.6047	62.8706	59.184	LEICA GRX1200GGPRO	AOAD/M_T	GPS+GLO

“Quick-PPP” yazılımı bu noktaları aşağıda belirtilen sırada değerlendirilmesi yapılmak üzere CSRS-PPP yazılımına göndermiş ve gelen sonuçları düzenlemiştir.

- Yazılım ilk olarak belirtilen nokta ve tarih aralığındaki RINEX verileri IGS arşivinin bulunduğu ftp alanından tek tek sırayla bilgisayarın belirtilen sürücü ve klasörüne indirir.

- İndirilen günlük RINEX dosyaları ilgili klasörde 20’li paketler halinde otomatik olarak “.zip” formatında sıkıştırılır ve CSRS-PPP yazılımına sırayla yükler.

- Sonuçların gönderileceği e-posta hesabını her 10 dakikada bir kontrol eder ve CSRS-PPP den gelen bir e-posta varsa hemen ilgili linkten sonuçları bilgisayara indirir.

- İndirilen sonuç dosyaları sıkıştırılmış formattadır. Bu dosyaları otomatik olarak açar ve “.sum” uzantılı dosyadan koordinatları ve KOH değerlerini zaman etiketleriyle birlikte sırasıyla “.txt” uzantılı dosyaya kaydeder.

- Yukarıda anlatılan her bir işlem noktaya ilişkin tüm veri seti bitene kadar tekrar eder.

##### 5. CSRS-PPP VE JPL ZAMAN SERİLERİNDEN NOKTA HIZLARININ KESTİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Noktalara ilişkin uzun dönemli zaman serileri, nokta hızlarının kestirilmesi, zamana bağlı nokta yer değiştirme davranışlarının incelenmesi ya da yer bilimlari açısından bölgesel deformasyon ya da fayların izlenmesi v.b. amaçlar için kullanılabilir. “Quick-PPP” yazılımının şuan ki sürümü henüz zaman serisi analizini içermediği için oluşturulan dosyaların zaman serileri MATLAB yazılımı yardımıyla incelenmiştir. CSRS-PPP günlük koordinat çözümü ile oluşturulmuş zaman serilerinden nokta hızları kestirilmiştir. CSRS-PPP ile elde edilen zaman serilerinin ve bu zaman serilerinden kestirilen hızların karşılaştırılması amacıyla, CSRS-PPP ile aynı zaman aralığına karşılık gelen JPL zaman

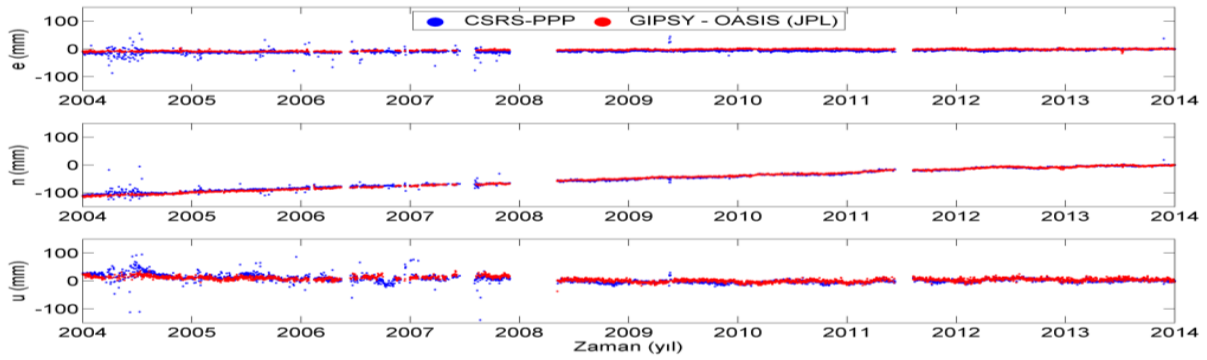
serileri (URL-4) ilgili web alanından indirilmiş ve nokta hızları kestirilmiştir.

JPL 1995 yılından bu yana dünya üzerindeki birçok sürekli GPS noktanın günlük çözümlere dayalı üretilen zaman serilerini ve nokta hızlarını ilgililerle paylaşmaktadır. JPL koordinat çözümleri, GIPSY-OASIS yazılımı kullanılarak PPP yöntemiyle elde edilmektedir. JPL zaman serileri IGS08 datumundadır. CSRS-PPP yazılımı ile üretilen koordinatlar, 17 Nisan 2011 öncesi IGS05 datumunda, bu tarihten sonra değerlendirme sonuçları IGS08 datumundadır. CSRS-PPP zaman serilerinden hız kestirimi yapılabilmesi için kendi içerisindeki datum farklılığının giderilmesi gereklidir. Bu çalışmada, IGS05 koordinatlarından IGS08 koordinatlarına dönüşüm, Rebischung v.d. (2012)’de açıklanan işlem adımları ve 14 parametrelili Helmert dönüşüm parametreleri kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra noktaların yatay yöndeki ve düşey yöndeki hareketlerini ayrı ayrı değerlendirilmesi ve hızlarının hesaplanması amacıyla yer merkezli kartezyen (X, Y, Z) koordinatları toposentrik dik (e, n, u) koordinatlarına dönüştürülmüş. 31 Aralık 2013 günü koordinatlarına göre bağıl koordinat değişimleri hem CSRS-PPP hem de JPL zaman serisi için elde edilmiştir. Her iki zaman serisinde her bir bileşene ait hızlar ve hızlara ilişkin KOH değerleri doğrusal modelin çözümü ile elde edilmiştir. CSRS-PPP çözümlerinde bazı günlerde sıçramalar olduğu için doğrusal modelin bilinmeyen parametreleri klasik EKK (En Küçük Kareler) yerine Robust yöntemle MATLAB fonksiyonu olan “robustfit” kullanılarak kestirilmiştir. Robust regresyon yönteminde ağırlık fonksiyonu “Bisquare” seçilmiştir.

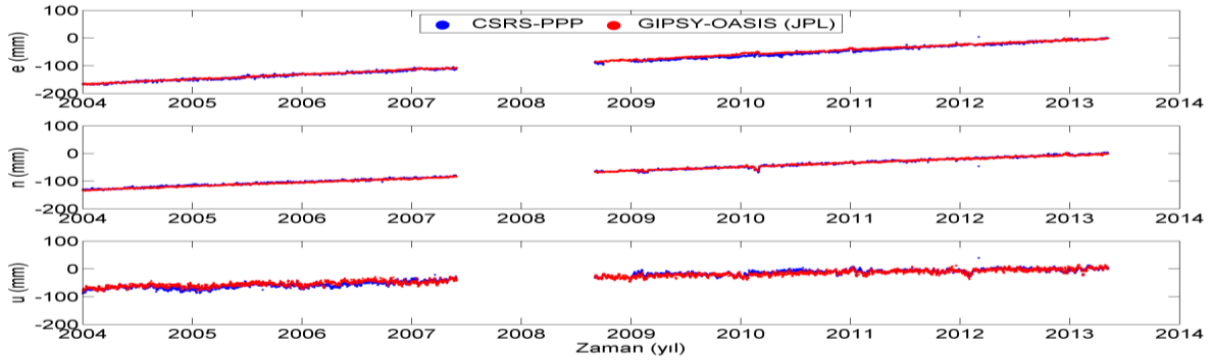
Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6 da sırasıyla ANKR, MAR6 ve MAW1 isimli IGS noktalarının sırasıyla doğu-batı (e), kuzey-güney (n), yukarı (u) bileşenlerinin zaman serisi grafikleri görülebilir. CSRS-PPP zaman serilerinde bazı zaman aralıklarında veri boşlukları mevcuttur. Bu boşluklar günlük verinin %90 doluluk oranı şartını sağlayamaması ya da o güne ait RINEX verisinin ilgili sunucuda olmamasından kaynaklanmaktadır. MAW1 noktası verileri 10

yıllık çözülmesine rağmen 2004 yılından 2007 yılının ortalarına kadar fazla veri kesiklikleri olduğu için hız kestirimleri 6.5 yıllık (2007.5 – 2014) zaman dilimine göre yapılmıştır. Zaman serilerinden görüldüğü üzere her iki çözümden üretilen zaman serileri benzer yapıları göstermektedir. Ancak Şekil 4 ve Şekil 7'ye dikkat edilirse ANKR noktasında, CSRS-PPP çözümleriyle oluşturulan zaman serilerinde 2004 yılından 2008 yılına kadar ortalamadan 10 cm ye ulaşan sapmalar gözlenmektedir. Bu durum ANKR noktasında görülürken MAR6 ve MAW1 noktalarında görülmemektedir. Bu, ANKR noktasındaki alıcıdan ya da CSRS-PPP nin 2008 yılına kadar kullandığı algoritma içerisindeki bazı

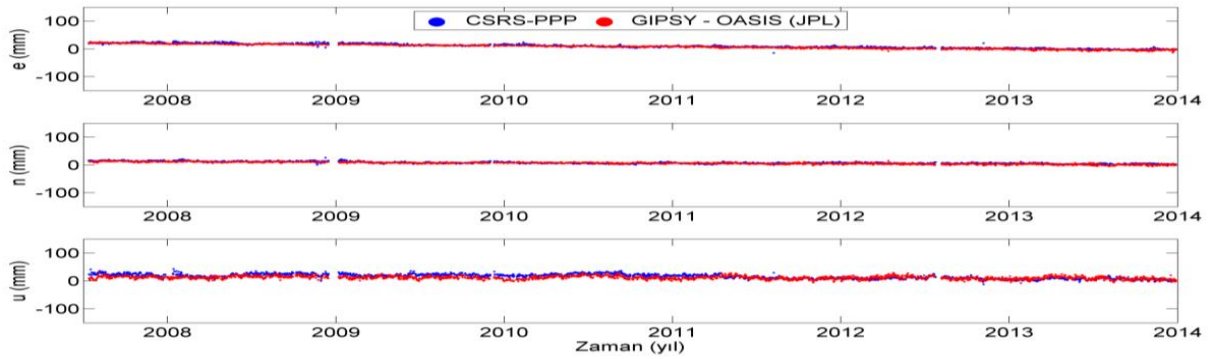
hata modellerinin ANKR noktasının bulunduğu bölgeyi belirli günlerde tam olarak temsil edememesinden kaynaklanabilir (URL-5). IGS noktalarında belirli zamanlarda anten ve alıcı değişimleri yapılmaktadır. ANKR noktasının IGS de yayınlanan "log" dosyasına göre, 24 Kasım 2000 - 6 Mayıs 2008 tarihleri arasında Tablo 1 de belirtilenden farklı bir GNSS anten ve alıcısı kullanılmıştır.



Şekil 4. ANKR noktasına ait 10 yıllık zaman serisi (günlük çözüm)



Şekil 5. MAR6 noktasına ait 10 yıllık zaman serisi (günlük çözüm)



Şekil 6. MAW1 noktasına ait 6.5 yıllık zaman serisi (günlük çözüm)

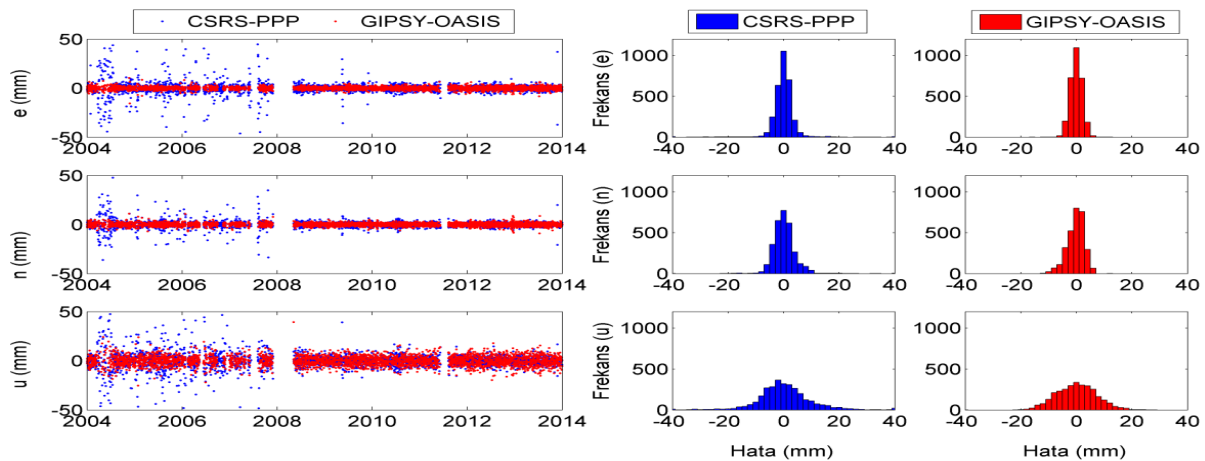
Tablo 2. Nokta Hızları ve KOH Değerleri

Noktalar		CSRS-PPP			GIPSY-OASIS (JPL)		
		V (mm/yıl)	$m_v$ (mm/yıl)	$m_o$ (mm)	V (mm/yıl)	$m_v$ (mm/yıl)	$m_o$ (mm)
ANKR	e	1.10	$\pm 0.01$	$\pm 2.5$	1.02	$\pm 0.01$	$\pm 2.1$
	n	11.77	$\pm 0.02$	$\pm 3.4$	11.77	$\pm 0.02$	$\pm 3.0$
	u	-1.83	$\pm 0.05$	$\pm 9.0$	-1.04	$\pm 0.05$	$\pm 7.4$
MAR6	e	17.60	$\pm 0.02$	$\pm 3.1$	17.75	$\pm 0.01$	$\pm 1.6$
	n	14.05	$\pm 0.01$	$\pm 2.1$	14.05	$\pm 0.01$	$\pm 1.4$
	u	8.86	$\pm 0.05$	$\pm 7.6$	7.69	$\pm 0.04$	$\pm 6.4$
MAW1	e	-3.98	$\pm 0.03$	$\pm 2.4$	-4.05	$\pm 0.02$	$\pm 1.6$
	n	-1.93	$\pm 0.03$	$\pm 2.5$	-1.93	$\pm 0.02$	$\pm 1.9$
	u	-3.36	$\pm 0.06$	$\pm 6.6$	-0.97	$\pm 0.06$	$\pm 5.7$

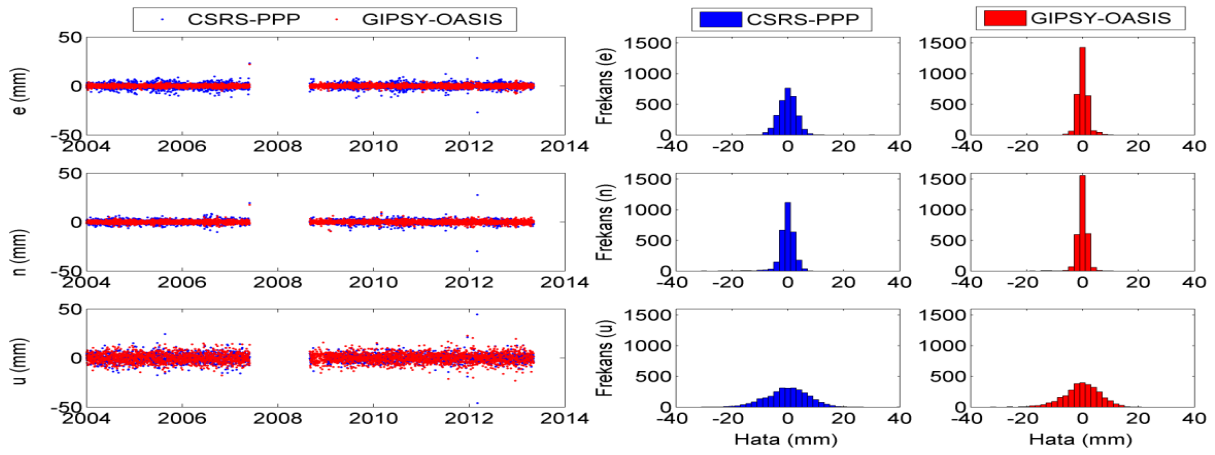
CSRS-PPP ve JPL zaman serilerinden elde edilen nokta hızları (V), KOH ( $m_v$ ) değerleri ve birim ağırlıklı ölçünün KOH ( $m_o$ ) değerleri Tablo 2 de verilmiştir. Tablo 2' deki hız değerleri incelendiğinde CSRS-PPP ile elde edilen nokta hızlarının yatay bileşenler açısından JPL ile elde edilen hızlarla uyumlu olduğu görülebilir. n (kuzey) bileşenine ait hızlar üç nokta içinde birebir aynı iken, e (doğu) bileşeninde ANKR noktasında 0.08 mm/yıl, MAR6 noktasında 0.15 mm/yıl ve MAW1 noktasında 0.07 mm/yıl hız farkı mevcuttur. ANKR ve MAW1 noktalarında düşey yöndeki yıllık hız çok olmamakla birlikte iki yöntem arasında sırasıyla 0.79 ve 2.39 mm/yıl düzeylerinde farklar görülmektedir. Diğer iki noktaya göre MAR6 noktasında düşey yöndeki yıllık hız miktarı daha büyük çıkmıştır ve yine iki yöntem arasındaki fark 1.17 mm/yıl seviyesindedir. Birim ağırlıklı ölçünün standart sapmaları açısından her iki yöntem değerlendirildiğinde, JPL çözümlerin KOH değerlerinin CSRS-PPP ye göre daha düşük olduğu hem yatay hem de düşey bileşende

görülebilir. Bu durum, kullanılan algoritma, düzeltme modelleri, hassas uydu yörünge ve uydu saat bilgileri v.b. gibi farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

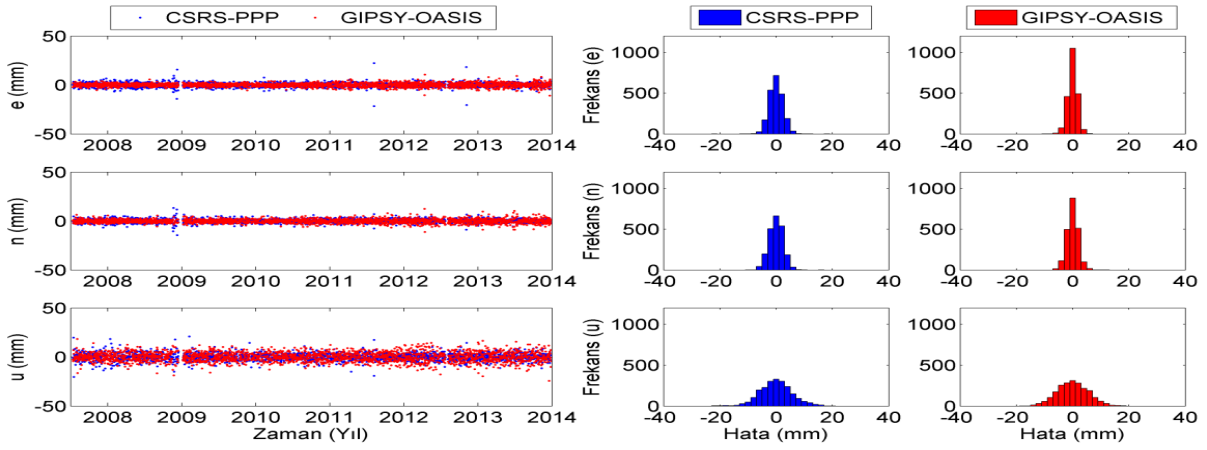
İki yöntemin birbiriyle daha fazla karşılaştırılması amacıyla kestirime ait düzeltmeler; hem zaman serileri hem de histogram olarak çizdirilmiştir (Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9). Düzeltmelerin zaman serilerinden ve histogramlarından da görüldüğü üzere JPL verilerinin hata dağılımları CSRS-PPP ye göre sıfır etrafında daha fazla yoğunlaşmıştır. Bu durum JPL sonuçlarının koordinat tekrar edilebilirliklerinin CSRS-PPP ye göre daha iyi olduğuna işaret etmektedir. Yatay bileşenle düşey bileşen karşılaştırıldığında, her iki yöntemde de yatay bileşenin tekrar edilebilirliği düşey bileşenden daha iyi çıkmıştır.



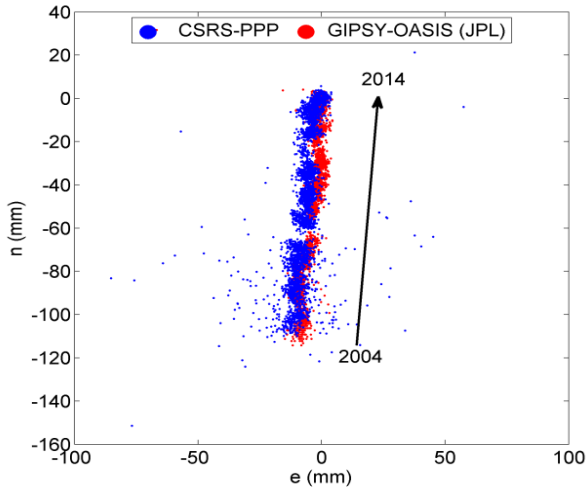
Şekil 7. ANKR noktası hata değerleri ve frekansları



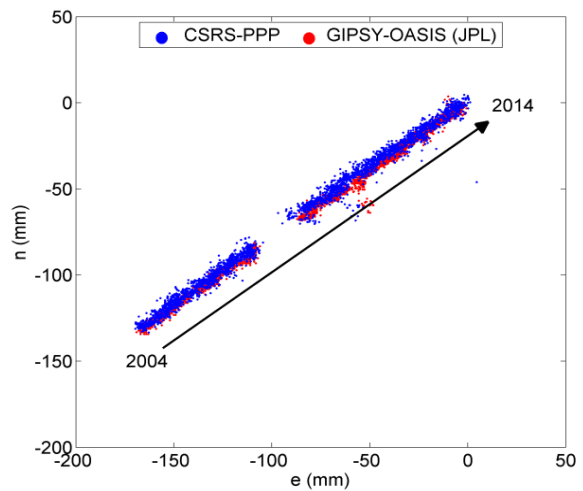
Şekil 8. MAR6 noktası hata değerleri ve frekansları



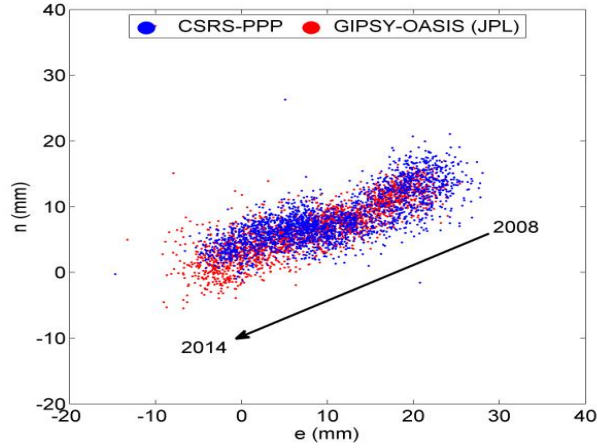
Şekil 9. MAW1 noktası hata değerleri ve frekansları



Şekil 10. ANKR noktasına ait 10 yıllık yatay yer değiştirme (günlük çözüm)



Şekil 11. MAR6 noktasına ait 10 yıllık yatay yer değiştirme (günlük çözüm)



Şekil 12. MAW1 noktasına ait 6.5 yıllık yatay yer değiştirme (günlük çözüm)

Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de noktaların yatay yer değiştirmeleri ve hareket yönleri görülebilir. Şekillerden de görüldüğü üzere noktaların zamana bağlı yatay yer değiştirmeleri hem büyüklük hem de yönü açısından benzerlikler göstermektedir.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CSRS-PPP yazılımı kullanılarak uzun dönemli zaman serileri üretilmiş ve bu zaman serileri kullanılarak nokta hızları kestirilmiştir. CSRS-PPP yazılımı ile günlük verilere bağlı olarak üretilen zaman serileri kullanılarak kestirilen nokta hızları ve KOH değerleri, JPL zaman serileri ve bu zaman serileri kullanılarak kestirilmiş nokta hızları ve KOH değerleriyle karşılaştırılmıştır. CSRS-PPP ve JPL zaman serilerine bağlı olarak kestirilen nokta hızlarının yatay bileşenler açısından benzer olduğu fakat kestirilen hızların KOH değerleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında, CSRS-PPP nin JPL sonuçlarına göre biraz daha yüksek KOH ürettiği görülmüştür. Bu JPL nin tekrar edilebilirliğinin CSRS-PPP ye göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Düşey bileşenler açısından iki yöntem arasında, yatay bileşene göre, farklar daha yüksek çıkmıştır. Uygulama sonuçları, CSRS-PPP yazılımının zaman serilerinin oluşturulmasında ve nokta hızlarının kestirilmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Uzun dönemli GNSS verilerinin değerlendirmesine kolaylık sağlaması ve sonuçlara hızlı bir şekilde ulaşılması amacıyla yazarlar tarafından geliştirilen "Quick-PPP" yazılımının kullanıcıya büyük kolaylıklar getirdiği yapılan uygulama ile ortaya konulmuştur. Yazılımın, mevcut sürümü GNSS verilerinin belirli

bir sunucudan indirilmesini, değerlendirilmek üzere CSRS-PPP programına yüklenmesini, sonuçların listeler halinde bir dosyaya yazdırılmasını sağlayan bir araç niteliğindedir. Geliştirilme süreci devam eden "Quick-PPP" yazılımının; (a) zaman serilerinden hız kestirimi, (b) ani koordinat değişimlerinin tespiti ve nokta hız bilgisinin güncellenmesi, (c) yer kabuğundaki değişimlerin izlenmesi v.b. projelerde etkin bir şekilde kullanılabilecek bir program haline dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Ayrıca yazılımın sadece CSRS-PPP ile değil APPS v.b. gibi web tabanlı PPP yazılımlarla da çalışabilir hale getirilmesi diğer amaçlardan biridir.

## KAYNAKLAR

- Alkan, R.M., 2009, "PPP Yönteminin Performans Analizi ve Ölçme Uygulamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 4. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 14-16 Ekim, KTÜ-Trabzon
- Alkan R.M., Ozulu İ.M., İlçi V., 2015, "Deniz Uygulamalarında Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin (PPP) Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma", Harita Dergisi 154(2), 1-8
- Anquela A.B., Martín A., Berné J.L., Padín J., 2013, "GPS+GLONASS Static and Kinematic PPP Results:A Case Study" Journal of Surveying Engineering, 139(1), 47-58.
- Bahadır B., Üstün A., 2014, "İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri" Harita Dergisi, 152(2), 40-50.
- Bock H., Hugentobler U., Beutler G., 2003, "Kinematic and dynamic determination of trajectories for low Earth satellites using GPS" In: Reigber C., Luhr H., Schwintzer P., Editors, "First CHAMP mission results for gravity magnetic and atmospheric studies", Springer.
- Cai, C., Gao, Y., 2007, "Precise Point Positioning using combined GPS and GLONASS observations", Journal of Global Positioning Systems, 1,13-22
- Ebner, R., ve Featherstone, W. E., 2008, "How well can online GPS PPP post-processing services be used to establish geodetic survey control networks?", Journal of Applied Geodesy, 2(3), 149-157.

- Gao Y., Wojciechowski A., Chen K., 2005. "Airborne kinematic positioning using precise point positioning methodology", *Geomatica*, 59, 275–282.
- Geng J., Teferle FN., Meng X., Dodson AH., 2010, "Kinematic precise point positioning at remote marine platforms", *GPS Solutions*, 14, 343-350.
- Huber, K., Heuberger, F., Abart, C., Karabatic, A., Weber R., Berglez P., 2010, "PPP: Precise point positioning—Constraints and opportunities." Proc., Federation Internationale des Geometres (FIG) Congress 2010, International Federation of Surveyors, Copenhagen, Denmark, 1-6.
- Kouba, J., Héroux, P., 2001, "Precise point positioning using IGS orbit and clock products", *GPS Solutions*, 5(2), 12–28
- Kouba J., 2003, "Measuring seismic waves induced by large earthquakes with GPS", *Stud Geophys Geod*, 47, 741–755.
- Martin, A., Anquela, A.B., Capilla, R., Berne, J.L., 2011, "PPP technique analysis based on time convergence, repeatability, igs products, different software processing, and GPS+GLONASS constellation", *Journal of Surveying Engineering*, 137(3), 99-108
- Ocalan T. ve Alkan R.M., 2012, "Performance Analysis of Web-Based Online Precise Point Positioning (PPP) Services for Marine Applications", The 14th IAIN Congress 2012
- Rebischung P., Griffiths J., Roy J., Schmid R., Collileux X., Goroyt B., 2012, "IGS08: the IGS realization of ITRF2008" *GPS Solution* 16:483–494.
- Savage JC., Gan W., Prescott WH., Svarc JL., 2004, "Strain accumulation across the coast ranges at the latitude of San Francisco 1994–2000", *Journal of Geophysical Research*, 109(B03413), 1-11.
- Şanlı U. ve Tekic S., 2010, "Accuracy of GPS Precise Point Positioning: A Tool for GPS Accuracy Prediction", 60 pg., LAP Lambert Academic Publishing.
- Yigit C.O, Gikas V., Alcay S., Ceylan A., 2014, "Performance evaluation of short to long term GPS, GLONASS and ,GPS/GLONASS post-processed PPP", *Survey Review*, 46(3), 155-166.
- Yigit C.O., 2016, "Experimental assessment of post-processed Precise Point Positioning for Structural Health Monitoring", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(1), 360-383.
- Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M.M., Webb F.H., 1997, "Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks", *J. Geophys. Res.*, 102(B3), 50055017.
- URL-1 <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> (Erişim 24 Kasım 2015)
- URL-2 <http://apps.gdgps.net/> (Erişim 24 Kasım 2015)
- URL-3 <http://magicgnss.gmv.com/ppp/> (Erişim 24 Kasım 2015)
- URL-4 <http://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html> (Erişim 24 Kasım 2015)
- URL-5 <http://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp-update.php> (Erişim 24 Kasım 2015)